

ВОДНО-СОЛЕВОЙ ОБМЕН У ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ

По степени солёности водоемы условно подразделяются на пресные с солёностью менее 0,5 ‰, солоноватоводные – солёность 0,5-16 и солёные – больше 16‰.

Солёность океана 32-38‰.

По характеру водносолевого обмена гидробионты делятся на пресноводных и морских.

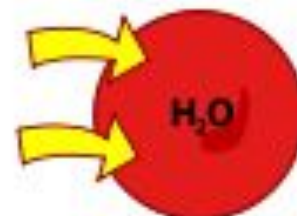
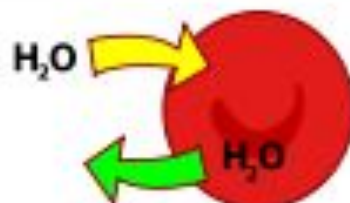
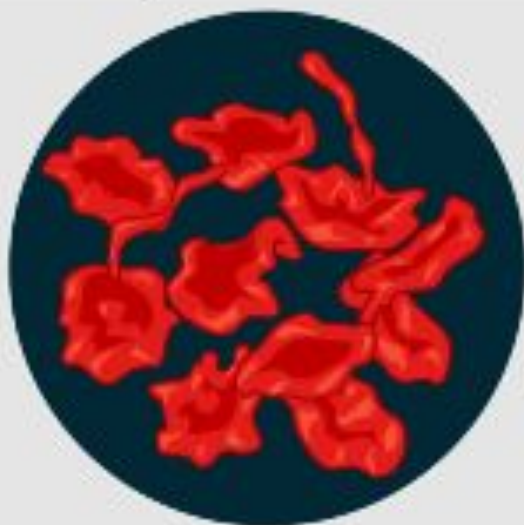
У большинства морских обитателей концентрация солей в организме близка к морской воде – такие живые организмы называются изотоничными.

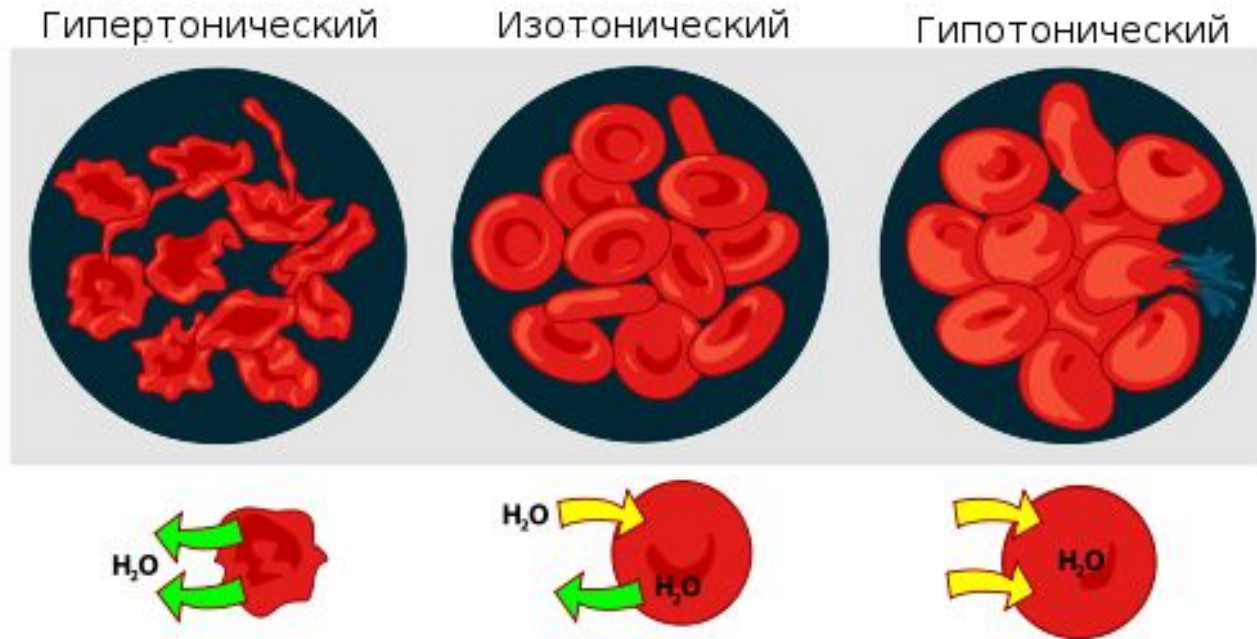
Абсолютная изотоничность свойственна кишечнполостным и иглокожим.

Гипертонический

Изотонический

Гипотонический





У большинства беспозвоночных наблюдается некоторое повышение осмотического давления внутренней среды организма (гипертоничность), это обеспечивает постоянный приток в организм воды для уравнивания процессов выделения.

Если осмотическое давление внутренней среды организма ниже, чем в морской воде, то это гипотоничность.

Механизмы осморегуляции:

Многие водные организмы, живущие в гипертрофированной среде (**морская вода**), теряют воду путем осмоса и поглощают растворенные вещества путем диффузии.

Потеря воды возмещается питьем, приемом пищи. При этом **повышается концентрация солей, их избыток удаляется путем активного транспорта.**

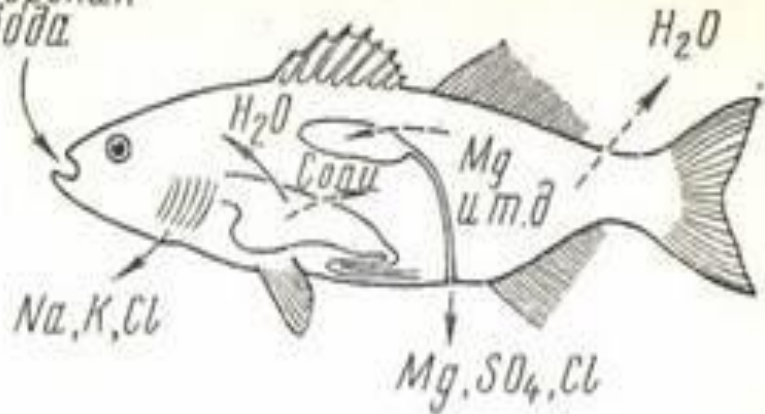
Организмы, живущие в гипотонической среде, **поглощают воду путем осмоса и теряют растворимые вещества путем диффузии.** Потеря солей возмещается путем активного поглощения.

Только пища



1

Морская вода



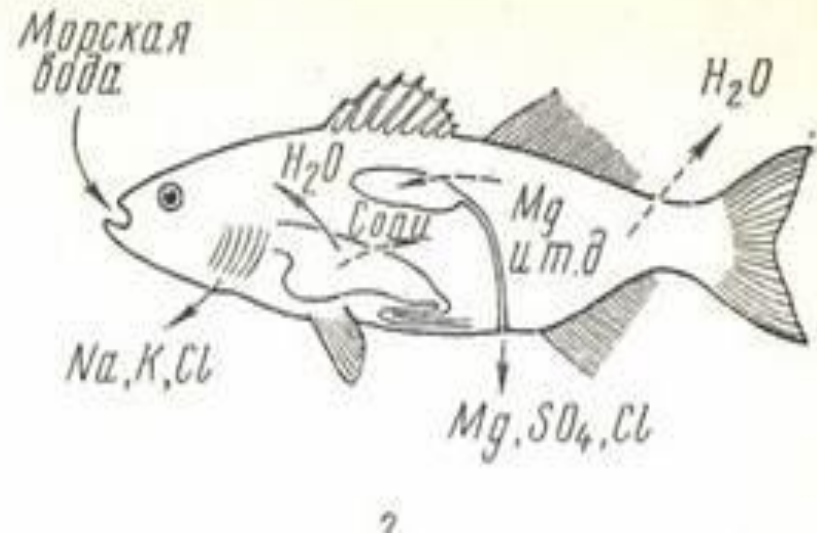
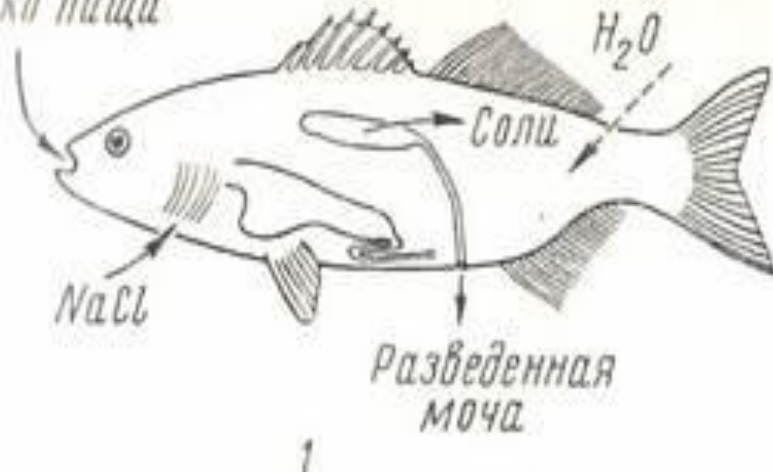
2

Соленость внутренней среды пресноводных рыб (слева) значительно выше, чем пресной воды. Поэтому для поддержания ее постоянства рыбе необходимо удалять большое количество воды, проникающей в организм через внешние покровы, а также поглощать минеральные элементы (Na, K, Cl и др.) из низкоминерализованной пресной воды.

Напротив, у морских рыб (справа) соленость внутренней среды ниже, чем морской воды. Поэтому ей приходится поглощать большое количество воды и удалять из организма содержащиеся в ней минеральные элементы.

Пресноводная осморегуляция

Только пища

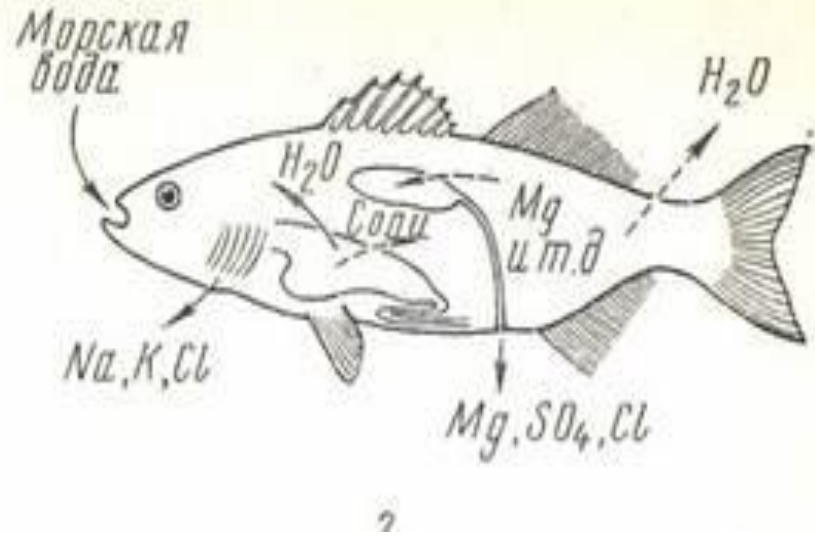
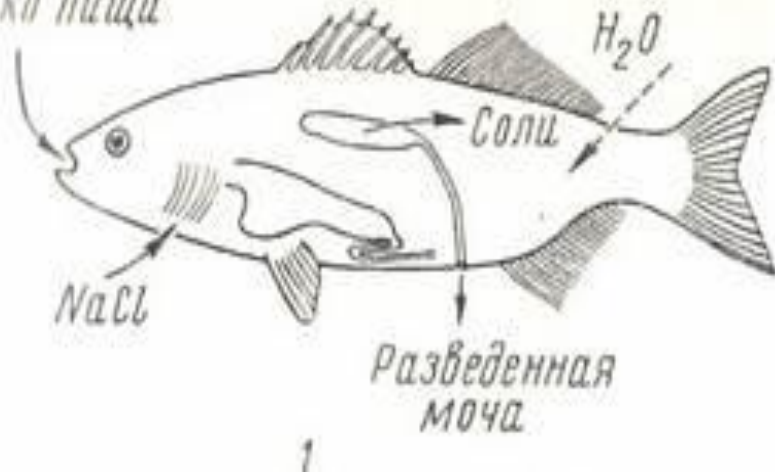


Среди пресноводных нет изотоничных форм, концентрация жидкости в их клетках и тканях выше, чем в окружающей среде.

Пресноводные гидробионты гипертоничны, они должны постоянно поддерживать осмотическое давление внутренней среды организма. Они гомойосмотичные.

Пресноводная осморегуляция

Только пища



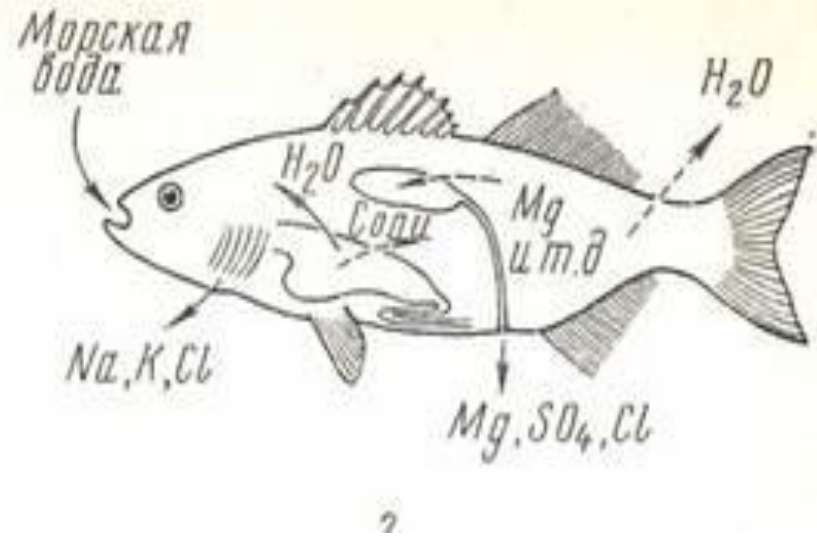
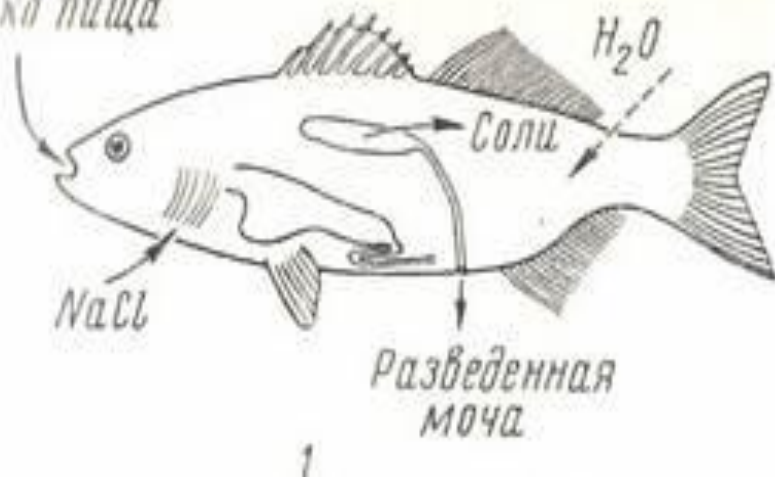
Механизмом поддержания постоянства осмотического давления является активное выделение избытка воды через почки.

Вода поступает в организм пресноводных гидробионтов осмотическим путем через жабры и слизистую пищеварительного тракта.

Почки и жабры представляют собой осморегуляторный механизм.

Пресноводная осморегуляция

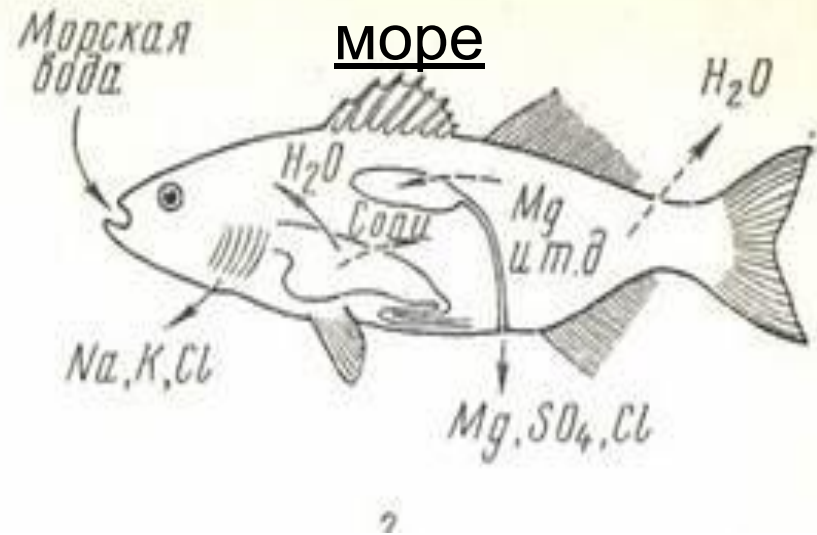
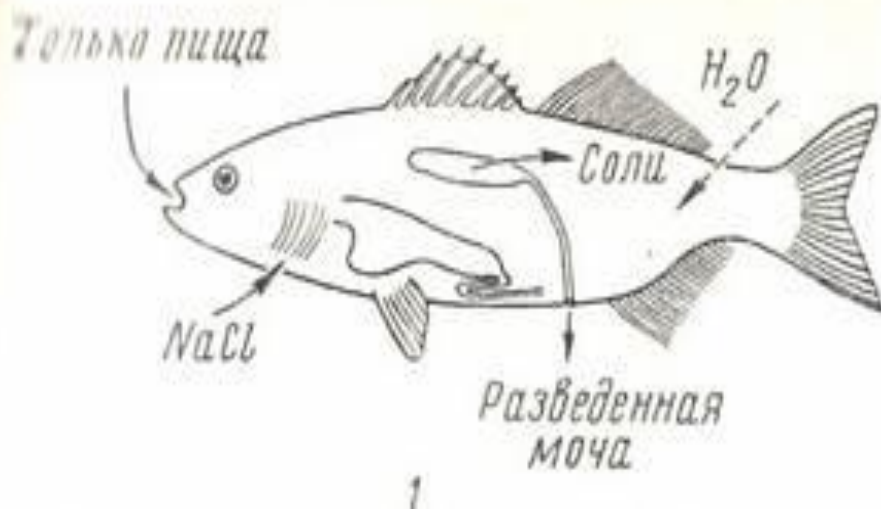
Только пища



Потери солей с мочой и экскрементами компенсируются активным переносом ионов из окружающей среды против градиента концентрации.

Процесс поступления солей идет через всю поверхность тела, жабры и с пищей.

Осморегуляция в море

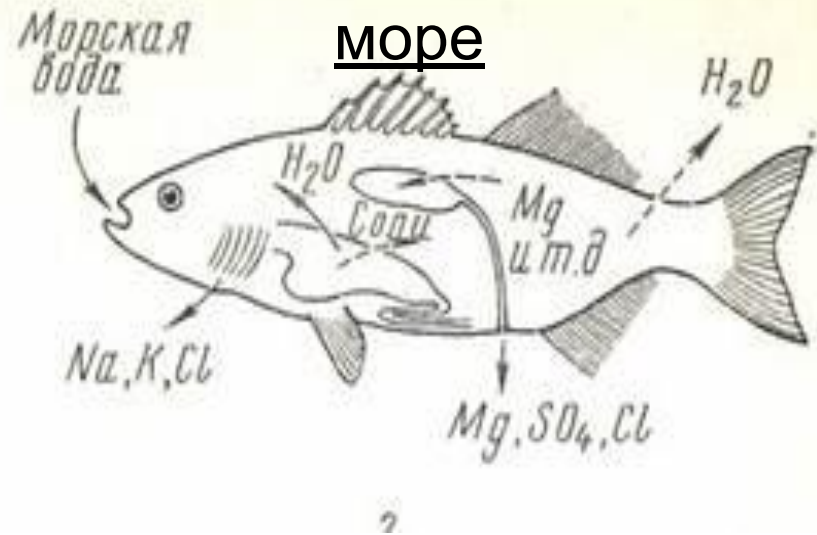
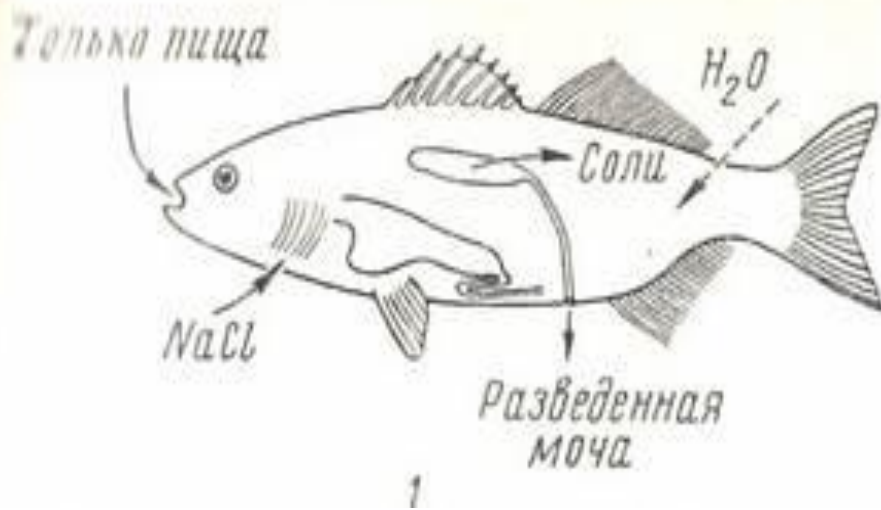


1 Костные рыбы

Задачи осморегуляции в море обратны пресноводному типу: в море концентрация солей несколько выше, чем в организме. Поэтому в результате осмоса организм постоянно обезвоживается.

Фильтрационная функция почек, направленная на усиленное выведение воды, у морских костных рыб ослаблена. Но **снижение уровня почечной фильтрации не компенсирует потери воды,**

Осморегуляция в море



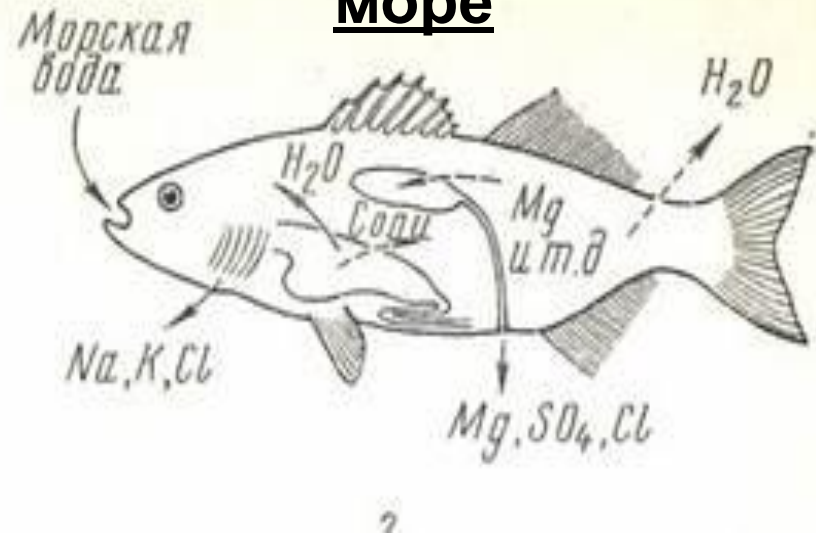
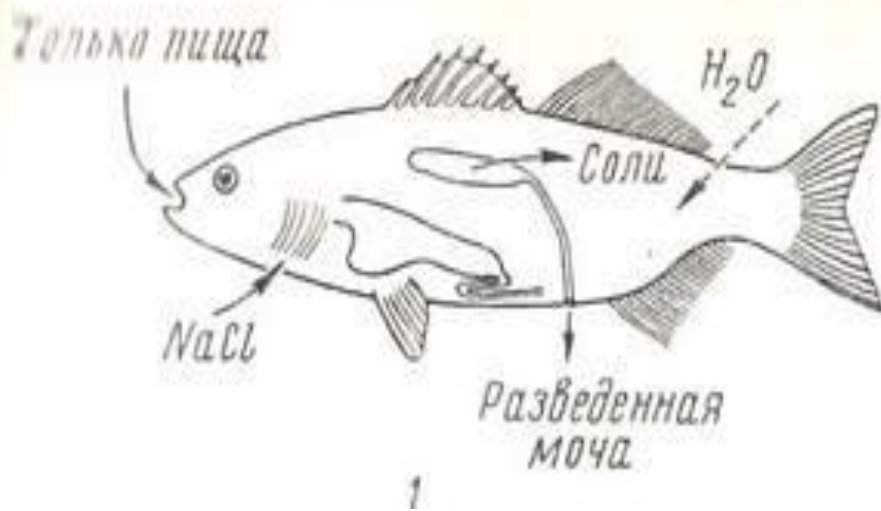
1 Костные рыбы

Реабсорбция ионов в почечных канальцах морских костных рыб резко снижена, но зато здесь происходит интенсивное обратное всасывание воды из состава первичной мочи.

Избыток солей выводится через почки с мочой, кишечник с фекалиями, жабры.

Через почки и кишечник выводятся двухвалентные

Осморегуляция в море

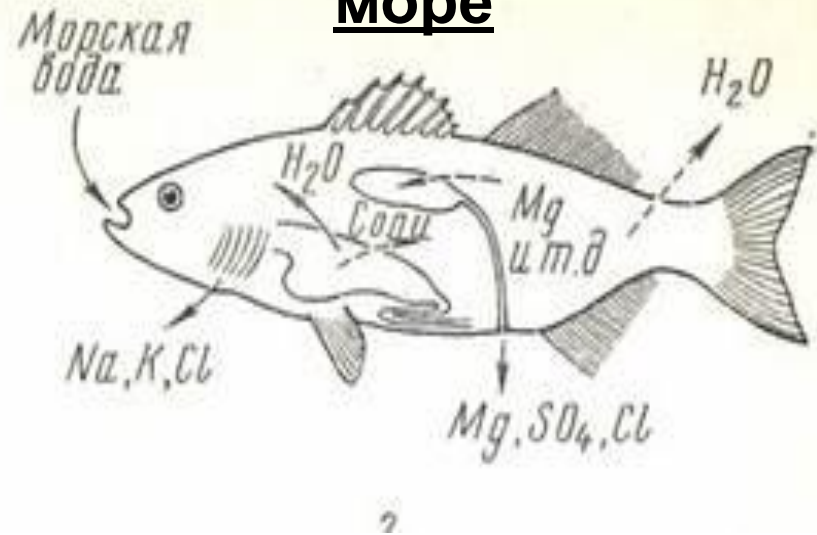
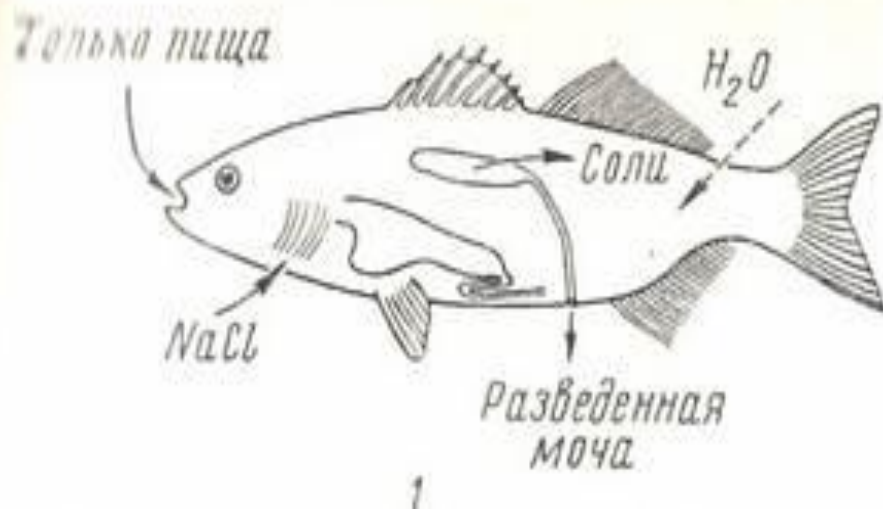


2 Хрящевые рыбы

Концентрация солей в крови хрящевых рыб, также как и у костных рыб, ниже, чем в морской воде. Но **осмотическое давление жидкостей тела у этих рыб слегка превышает осмотическое давление морской воды**, т.е. они гипертоничны по отношению к среде обитания.

Достигается это тем, что, **во-первых, в почечных канальцах хрящевых рыб идет активная реабсорбция мочевины**, и до **70-99% мочевины возвращается из первичной мочи в кровь**, повышая ее суммарное осмотическое давление.

Осморегуляция в море



2 Хрящевые рыбы

Во-вторых, в крови хрящевых рыб накапливается триметиламиноксид (ТМАО), обладающий высокой осмотической активностью.

Хрящевых рыб называют метизотоническими животными, т.е. промежуточными между гомойо- и пойкилоосмотическими формами.

Осморегуляция и жизненный цикл

Чаще всего, даже если система осморегуляции животного развита хорошо, это не относится к его же молодежи (малькам, личинкам первых возрастов и т.п.). Уже потому, что они мельче, имеют более тонкие покровы и более быстрый метаболизм. Поэтому **организмы организуют свое размножение и жизненный цикл так, чтобы молодь обитала (по возможности) в условиях стабильного соленостного оптимума.**

Яйцам легче, чем молодежи – как правило, их желточная оболочка устроена так, что почти непроницаема для ионов и даже воды.

Кстати, по тому, где живет молодь у данного вида, легко понять, какого он происхождения. Виды пресноводного происхождения размножаются в пресной воде, даже если потом живут в морской (как осетровые и лососевые рыбы, а также солоноватоводные жуки и клопы). Наоборот, выходцы из моря плывут размножаться в море, даже если живут в реках и эстуариях (как угорь, многие солоноватоводные крабы и креветки *Macrobrachium*).

Как уже можно догадаться, практически у всех животных осморегуляция и выделение продуктов собственного обмена веществ не просто тесно взаимосвязаны, но отчасти обеспечиваются работой одной и той же (выделительной) системы. Выделение, таким образом, параллельно решает два вопроса: удаление излишних солей (у морских животных) или воды (у пресноводных) и удаление излишних продуктов разложения пищи.

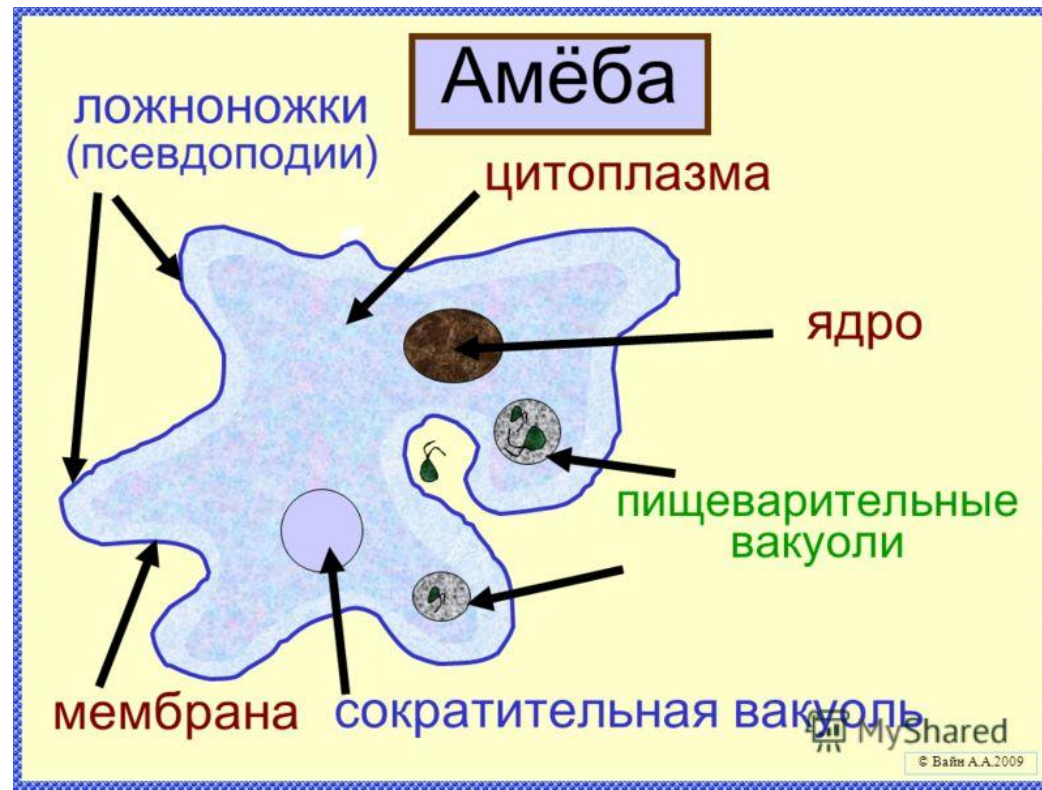
Кратко о том, что получается при разложении пищи. Пища – это в основном углеводы, белки, жиры и сопутствующая им вода. При ее окончательном (клеточном) разложении больше всего получается воды и углекислоты. Излишки воды опять же удаляются выделительной системой, но с ними все понятно. Удаление углекислоты (и получение молекулярного кислорода для дальнейшего разложения пищи) – забота дыхательной системы. Кроме того, высвобождается энергия (которая и является целью всего процесса – она затем запасается с помощью АТФ и используется на всевозможную жизнедеятельность). Но еще все белки содержат довольно много азота, а его в воде не растворишь и с газами не выведешь. Поэтому азот специально переводится в удобные для растворения соединения и выбрасывается через выделительную систему. Эти соединения у разных животных – аммиак, мочевины и мочевая кислота. Аммиак создать проще, но он токсичен и не должен накапливаться в больших концентрациях, для его разбавления и выведения расходуется много воды. Это путь пресноводных животных, которым воду экономить не приходится. Мочевину можно выводить в больших концентрациях с меньшим числом воды (так делают, например, морские хрящевые рыбы и млекопитающие). Мочевую кислоту можно водой почти не разбавлять, это путь наиболее жесткой экономии воды (используется в основном у наземных животных – наземных рептилий и птиц).

Итак, какие структуры породила эволюция для выделения и осморегуляции?

Это не помешало им приспособиться как к морским, так и к пресным водам, но эвригалинных форм среди них мало.

Основные органы выделения – сократительные вакуоли, выпрыскивающие во внешнюю среду

Простейшие (одноклеточные организмы) имеют лишь один барьер осморегуляции – клеточный.



Губки и кишечнополостные.

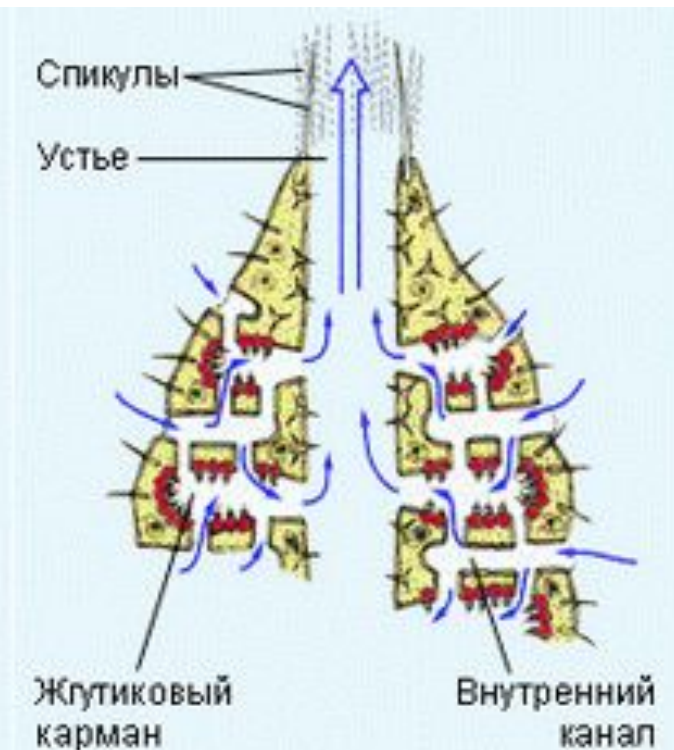
Не имеют специальных систем выделения, кроме тех, которые создают ток воды через их ткани (у губок).

Фактически, каждая клетка имеет дело непосредственно с внешней средой и выводит продукты своего обмена прямо в нее (как и у простейших).

Эвригалинных губок и кишечнополостных, кажется, нет.



Аскон



Сикон

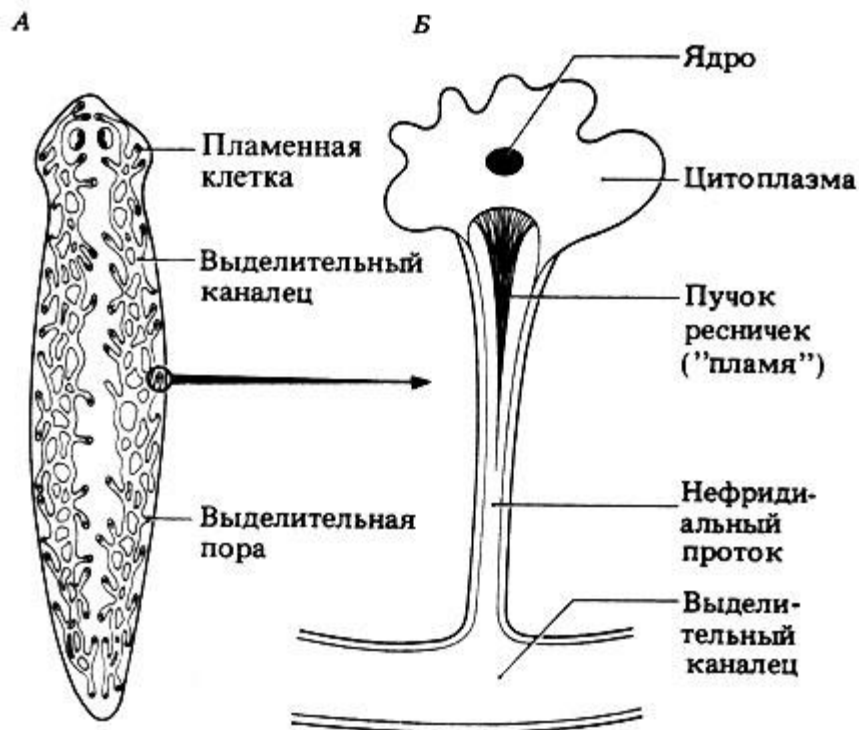


Лейкон

Плоские и круглые черви.

Снабжены протонефридиями – многоклеточными аналогами сократительных вакуолей, накапливающими межклеточную жидкость и выпрыскивающими ее вовне.

Осморегуляции тут тоже нет, с одной существенной оговоркой: кутикула многих нематод достаточно слабопроницаема даже для воды, что позволяет им легко выдерживать временные изменения солености (например, в эстуариях) и проявлять, таким образом, известную эвригалинность.



Кольчатые черви.

Имеют метанефридии, в которые поступает жидкость из целомической полости, и имеющие систему дополнительной закачки ионов обратно в кровь (в пресной воде, где их нужно экономить) или из крови в нефридий (в морской воде, где от них нужно избавляться).

Все же способности аннелид к осморегуляции довольно слабы, и эвригалинных форм среди них мало.



Моллюски.

Имеют **специальный орган (почку)** для накопления полостной жидкости и вторичной ее трансформации (закачки или откачки нужных ионов).

Жидкость в почку фильтруется из кровеносной системы, а из почки выводится в мантийную полость.

Мягкие и очень проницаемые покровы моллюсков не способствуют эффективной осморегуляции. Существенных успехов в этом направлении достигли только те, кто применяет в качестве дополнительных покровов раковину (которая непроницаема ни для чего вообще).

Брюхоногие и двустворки, с хорошо развитой раковиной, имеют довольно много пресноводных видов (с эффективной гиперосмотической регуляцией), и даже немного эвригалинных (хотя в ограниченных пределах).

Напротив, головоногие, отказавшиеся от раковины,

Иглокожие.

Не имеют никаких систем осморегуляции и не способны адаптироваться к изменениям солености.

Более того – за всю свою эволюцию они так и не смогли выйти в пресные и даже солоноватые воды.

Ракообразные.

Обычно имеют свой аналог почек – так называемые антеннальные, или зеленые железы, открывающиеся на голове.

Они также накапливают фильтрат из крови, вылавливают из него ценные ионы и выбрасывают наружу. Кроме того, у многих видов активный транспорт ионов из воды в кровь осуществляет эпителий жабр.

Однако, способность к осморегуляции в пределах класса очень сильно варьирует – от мелких морских рачков, практически не имеющих ни кровеносной, ни почечной системы и полностью пойкилоосмотичных, до пресноводных и наземных форм с существенной осморегуляцией, вплоть до абсолютно эвригалинных жаброногов *Artemia*.

Больше всего эвригалинных форм именно среди ракообразных.

Насекомые.

Поскольку возникли на суше, изначально имеют мощные системы экономии влаги – плотные наружные покровы (почти не пропускающие даже воду) и так называемые мальпигиевы сосуды, удаляющие продукты азотистого обмена в очень концентрированном виде, почти без воды.

В крови насекомых много мочевины, что позволяет поддерживать высокую осмотичность крови при дефиците неорганических ионов. При этом насекомые плохо приспособлены к активному удалению ионов и почти не живут в море, но прекрасно заселяют пресные воды, главным образом на стадии личинок.

У пресноводных личинок для дыхания обычно развиты специальные тонкопокровные выросты (жабры); в них же происходит активная закачка ценных ионов из воды.

Некоторые виды насекомых вышли также в солоноватые воды, а несколько видов – даже в гипергалинные (пересоленные), осуществляя гипоосмотическую осморегуляцию.

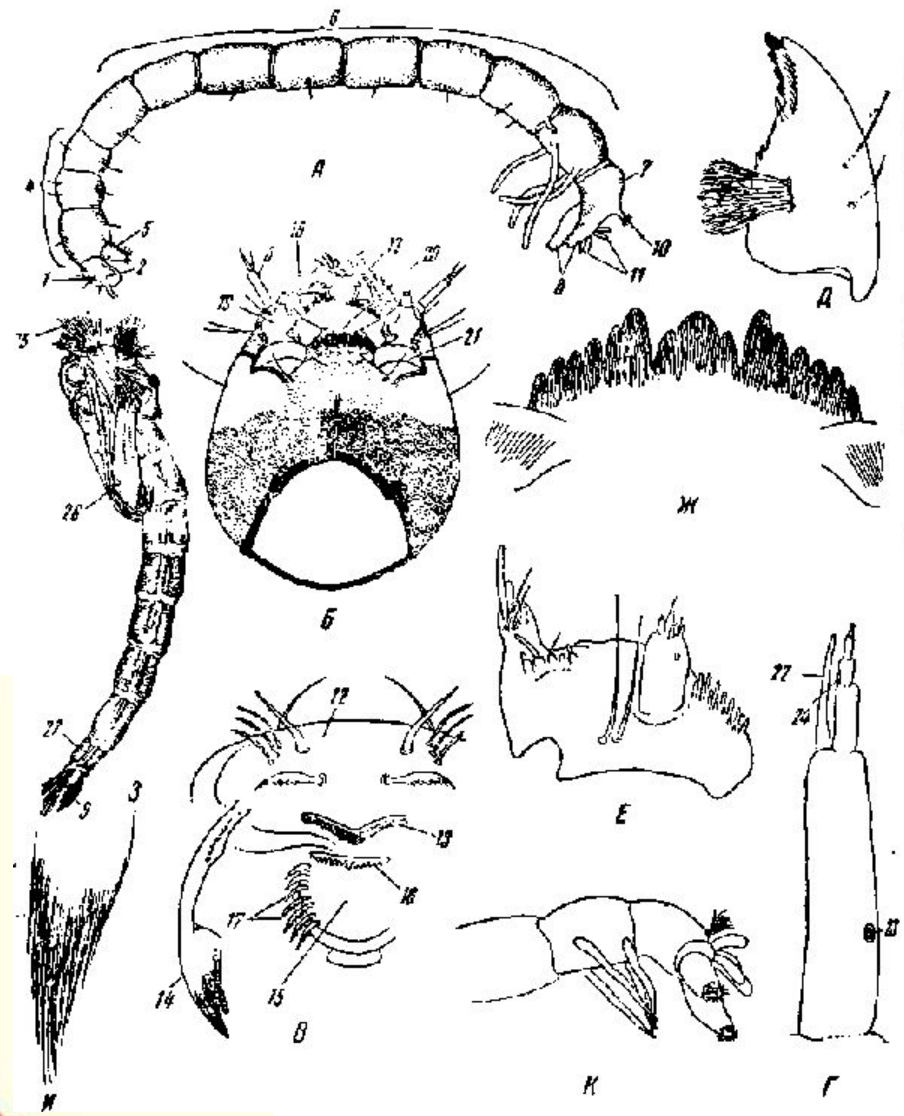
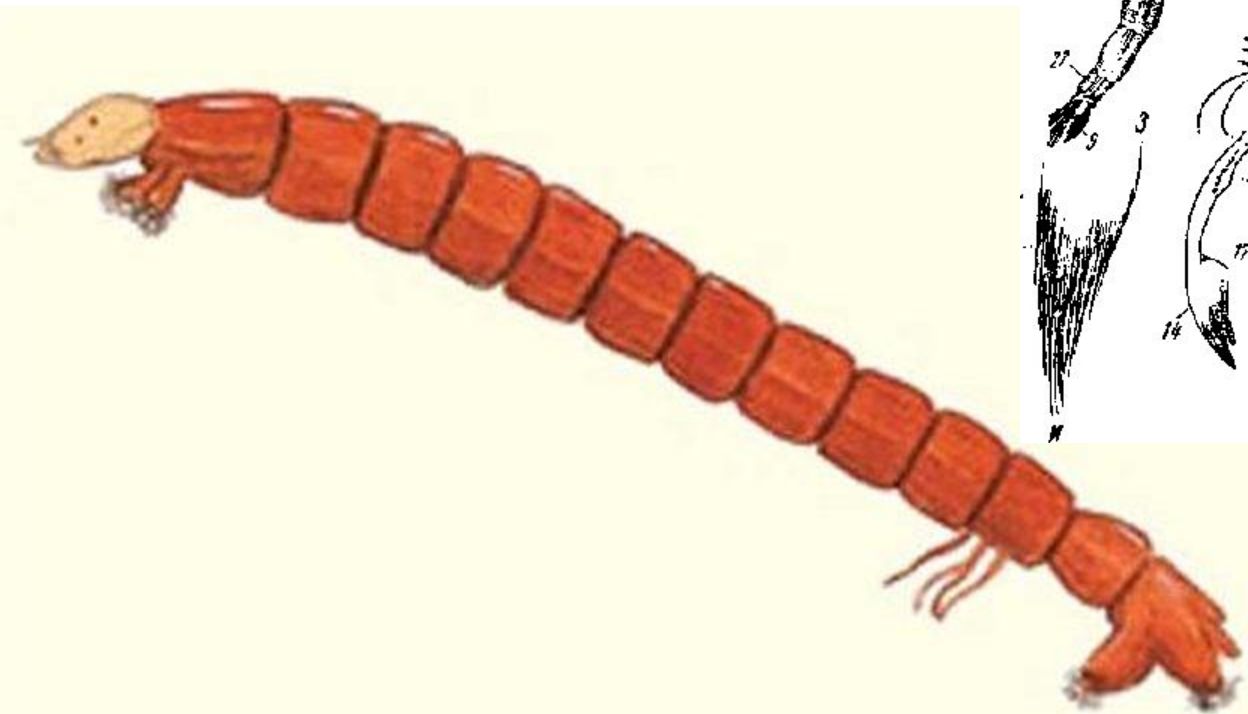
Рыбы.

Также имеют хорошо развитые почки, осуществляющие активный транспорт ионов в нужном направлении и обеспечивающие эффективную осморегуляцию.

Покровы рыб не очень плотны, зато относительно большие размеры помогают поддерживать неплохой ионостаз.

Рыбы не только дали большое число как морских, так и пресноводных видов.

Некоторые из них, словно насмехаясь над проблемой осморегуляции, активно мигрируют из морей в реки и обратно (как лососи), а также заселяют эстуарии (как колюшки и камбалы).



<http://ashipunov.info/shipunov/school/sch-ru.htm>